



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

HOHANA LISSA DE SOUSA MEDEIROS

**DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Tabebuia aurea* (Silva Manso)
Benth. & Hook.f. ex S.Moore SUBMETIDAS A ESTRESSES ABIÓTICOS**

MOSSORÓ

2022

HOHANA LISSA DE SOUSA MEDEIROS

**DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Tabebuia aurea* (Silva Manso)
Benth. & Hook.f. ex S.Moore SUBMETIDAS A ESTRESSES ABIÓTICOS**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Sementes

Orientador: Salvador Barros Torres, Prof. Dr.

Coorientadora: Clárisse Pereira Benedito, Prof^a. Dra.

MOSSORÓ

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M488d Medeiros, Hohana Lissa de Sousa.
DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore
SUBMETIDAS A ESTRESSES ABIÓTICOS / Hohana Lissa de
Sousa Medeiros. - 2022.
43 f. : il.

Orientador: Salvador Barros Torres.
Coorientadora: Clarisse Pereira Benedito.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2022.

1. Craibeira. 2. Bignoniaceae. 3. Fisiologia
de sementes. 4. Estresse salino. 5. Estresse
hídrico. I. Torres, Salvador Barros, orient. II.
Benedito, Clarisse Pereira, co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE *Tabebuia aurea* (Silva Manso)
Benth. & Hook.f. ex S.Moore SUBMETIDAS A ESTRESSES ABIÓTICOS**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Tecnologia de Sementes

Defendida em: 30 / 06 / 2022.

BANCA EXAMINADORA



Salvador Barros Torres, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente



José Eduardo Santos Barboza da Silva, Prof. Dr. (IFBaiano)
Membro Examinador



Charline Zaratín Alves, Prof^a. Dra. (UFMS)
Membro Examinador



Ariel Santivañez Aguilar, Prof. Dr. (UMSS)
Membro Examinador



Clarisse Pereira Benedito, Prof^a. Dra. (UFERSA)
Membro Examinador

Aos meus pais, Maria Lúcia de Sousa Medeiros e Joduarte Gonçalves de Medeiros, pelo amor incondicional e apoio diário.

Aos meus irmãos, Hector de Sousa Medeiros e Hena Lissa de Sousa Medeiros, pelo exemplo e incentivo.

À minha sobrinha, Yasmine de Sousa Medeiros Oliveira Moura, pelo amor inexplicável.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por ser minha fortaleza e por estar me proporcionando mais uma conquista.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, por todo o suporte para a minha formação desde a graduação até o presente momento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, por todo o conhecimento adquirido e pela oportunidade de cursar o mestrado neste, que é um dos melhores programas de Fitotecnia do Brasil.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Salvador Barros Torres e à professora Clarisse Pereira Benedito, pela orientação, por tantos ensinamentos, paciência, apoio e incentivo.

À banca examinadora, pelas ricas contribuições para a melhoria do trabalho.

À Kleane Pereira, que teve fundamental importância no desenvolvimento deste trabalho, pelo auxílio, apoio e amizade.

A Jorge Ricardo, por toda a ajuda, paciência, incentivo e apoio nesse ciclo e em tantos outros momentos da minha vida.

A Sara Monaliza, Moadir(?) Leite, Caio César, Tatianne Raianne e Valdívia Sousa, pela ajuda, parceria e experiências compartilhadas.

Aos meus pais, Maria Lúcia de Sousa Medeiros e Joduarte Gonçalves de Medeiros, pelo exemplo, incentivo e amor incondicional.

*“Entrega o teu caminho ao Senhor, confia
nele, e ele tudo fará.”*

Salmos 37:5

RESUMO

Sementes submetidas a estresses abióticos podem ter seu desempenho fisiológico comprometido, prejudicando a multiplicação das espécies. Dessa forma, objetivou-se avaliar as alterações da germinação e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore submetidas aos estresses hídrico e salino, simulados com diferentes agentes e níveis osmóticos em dois ensaios experimentais. Para isso, sementes de *T. aurea* foram coletadas de árvores localizadas na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), campus Mossoró, no período de novembro a dezembro de 2020. Para o estresse hídrico, utilizou-se dois agentes osmóticos (PEG 6000 e manitol) e cinco potenciais osmóticos (0, -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 MPa). No estresse salino, foram utilizados três agentes osmóticos (NaCl, KCl e CaCl₂) e cinco potenciais (0; 6; 12; 18 e 24 dSm⁻¹). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes cada. As sementes foram semeadas em rolos de papel toalha, previamente umedecidos com as soluções e dispostos em câmaras de germinação, a 25 °C, com fotoperíodo de 12 horas, durante 14 dias. As variáveis analisadas foram germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento radicular e da parte aérea, massa seca de raiz e da parte aérea das plântulas. Os resultados foram submetidos à análise de variância por meio do teste F, a 5% de probabilidade e, em caso de significância, aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para dados qualitativos com auxílio do *software* estatístico Sisvar. Os dados quantitativos foram submetidos à análise de regressão. Os resultados demonstraram que os estresses hídrico e salino reduziram a germinação e vigor de sementes de *T. aurea*, sendo o hídrico mais danoso à espécie. As sementes foram mais sensíveis ao estresse hídrico induzido por PEG 6000 do que ao manitol, cujo limite máximo de tolerância foi de -0,72 MPa. Dos sais empregados, o que mais prejudicou a espécie foi o CaCl₂, seguido pelo NaCl e KCl.

Palavras-chave: Craibeira. Bignoniaceae. Fisiologia de sementes. Estresse salino. Estresse hídrico.

ABSTRACT

Seeds subjected to abiotic stresses may have their physiological performance compromised, impairing the multiplication of species. Thus, the objective was to evaluate changes in germination and vigor of *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth seeds. & Hook.f. ex S.Moore subjected to water and saline stress, simulated with different agents and osmotic levels in two experimental assays. For this, seeds of *T. aurea* were collected from trees located at the Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, from November to December 2020. For water stress, two osmotic agents (PEG 6000 and mannitol) and five osmotic potentials (0, -0.2; -0.4; -0.6 and -0.8 MPa) arranged in a completely randomized design (CRD) in a 2 x 5 factorial scheme (osmotic agents x potentials osmotic). In saline stress, three osmotic agents (NaCl, KCl and CaCl₂) and five potentials (0; 6; 12; 18 and 24 dSm⁻¹) were used. The experimental design was completely randomized with a factorial scheme, with four replications of 25 seeds each. The seeds were sown on paper towel rolls, previously moistened with the solutions and placed in germination chambers at 25 °C, with a photoperiod of 12 hours, for 14 days. The variables analyzed were germination, first count, germination speed index, root and shoot length, root and shoot dry matter. The results were submitted to analysis of variance using the F test at 5% probability and, in case of significance, Tukey's test was applied at 5% probability for qualitative data with the aid of the Sisvar statistical software. Quantitative data were subjected to regression analysis. The results showed that water and saline stress reduced the germination and vigor of *Tabebuia aurea* seeds, but water being more harmful to the species. The seeds were more sensitive to water stress induced by PEG 6000 than mannitol, whose maximum tolerance limit was -0.72 MPa. The species proved to be highly tolerant to salinity, since germination and vigor were not affected even in conditions of high salt concentration. Of the salts used, the one that most harmed the species was CaCl₂, than by NaCl and KCl.

Keywords: Craibeira. Bignoniaceae. Seeds physiology. Saline stress. Water stress.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Germinação (A), primeira contagem de germinação (B) e índice de velocidade de germinação (C) de sementes de craibeira (<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse hídrico. Mossoró-RN, 2022.....	23
Figura 2	– Comprimento de raiz (A) e de parte aérea (B) de plântulas de craibeira (<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse hídrico. Mossoró-RN, 2022.....	26
Figura 3	– Massa seca de raiz e de parte aérea de plântulas de craibeira (<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse hídrico. Mossoró-RN, 2022.....	27
Figura 4	– Primeira contagem de germinação (A), porcentagem de germinação (B) e índice de velocidade de germinação (C) de sementes de craibeira (<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.....	29
Figura 5	– Comprimento de raiz de plântulas de craibeira (<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.....	31
Figura 6	– Comprimento de parte aérea de plântulas de craibeira (<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.....	33
Figura 7	– Massa seca de raiz (A) e de parte aérea (B) de plântulas de craibeira (<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.....	34

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Resumo da análise de variância para germinação (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse hídrico. Mossoró-RN, 2022..... 22
- Tabela 2** – Resumo da análise de variância para germinação (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) em plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022..... 28
- Tabela 3** – Efeito isolado dos agentes osmóticos no comprimento de parte aérea (CPA) de plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022..... 32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ESPÉCIE.....	13
2.2	ESTRESSES HÍDRICO E SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
6	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O ecossistema Caatinga ocupa grande parte da região Nordeste do Brasil, além de uma parcela ao norte do estado de Minas Gerais, com área aproximada de 844.453 km², caracterizando-se pelo clima semiárido, quente e de baixa pluviosidade (MMA, 2011; AZERÊDO, PAULA; VALERI, 2016). A vegetação é composta por espécies que possuem facilidade de adaptação a diferentes condições de solo e de ambientes naturais do clima semiárido, com finalidades múltiplas, de forma que muitas espécies têm sido alvo de extrativismo, o que contribui para a perturbação de áreas naturais. Além disso, têm-se verificado degradações ambientais nessa região, que atualmente possui áreas significativas em processo de desertificação. Esses fatores têm dificultado a propagação de algumas espécies nativas desse ecossistema, levando ao risco de extinção (ALBUQUERQUE et al., 2012; COSTA et al., 2016; BESSA et al., 2017).

Dentre as espécies de grande importância para o ecossistema Caatinga, encontra-se a *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, conhecida popularmente como craibeira. Essa espécie pertence à família Bignoniaceae e ocorre na Caatinga, Cerrado, Floresta Amazônica e Pantanal. Possui potencial paisagístico, como também é indicada em reflorestamentos, além de apresentar propriedades medicinais. Sua madeira é utilizada para a produção de papel, carpintaria e construção civil, sendo bastante utilizada por possuir boa resistência mecânica (GUEDES et al., 2012; LORENZI, 2014).

Os múltiplos usos de *T. aurea* permitem sua exploração de forma desordenada, o que pode comprometer sua presença, sobretudo na Caatinga. Como seu principal meio de reprodução é via sementes, a germinação e desenvolvimento inicial podem ser decisivos para a multiplicação da espécie (BRITO et al., 2020). Para que o processo germinativo ocorra plenamente, alguns fatores são primordiais, como os inerentes à semente, longevidade e viabilidade e os ambientais, como temperatura, disponibilidade de água e oxigênio (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Em condições naturais, é comum a ocorrência de fatores abióticos (não vivos) desfavoráveis, como flutuações na presença ou quantidade de luz, água, oxigênio, dióxido de carbono, temperatura e toxinas. Quando essas condições ultrapassam os limites normais, podem gerar estresse para as sementes, prejudicando sua qualidade fisiológica e germinação (LARCHER, 2006; CARVALHO, NAKAGAWA, 2012; TAIZ et al., 2017).

Dentre os estresses abióticos que limitam a germinação e o desenvolvimento de vegetais, tem-se o estresse hídrico e a presença de elevados níveis de sais no solo ou na água

de irrigação. No entanto, essas são condições de ocorrência natural em regiões áridas e semiáridas, uma vez que nessas áreas tem-se naturalmente baixa pluviosidade e alta evapotranspiração, favorecendo a ocorrência dessas condições que podem ser intensificadas por ações antrópicas. Por esse motivo, a produção vegetal torna-se dependente de manejo adequado para minimizar a ocorrência de estresses hídrico e salino (PESSOA et al., 2016; SOUSA et al., 2018; LEAL et al., 2019).

A fase inicial de desenvolvimento vegetal é uma das mais afetadas por estresses abióticos, pois o processo de germinação tem início com a absorção de água pelas sementes, permitindo a reidratação dos tecidos, intensificação de processos respiratórios e outras vias metabólicas, que resultam no desenvolvimento do eixo embrionário. No entanto, potenciais osmóticos muito negativos causam estresse hídrico e a absorção de água pelas sementes é prejudicada, dificultando, assim, a ocorrência da germinação (MARCOS-FILHO, 2015; VALDOVINOS et al., 2021).

A absorção de água pelas sementes também é afetada pela presença de íons, como, por exemplo, Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} e K^+ , que são absorvidos pelas células, reduzindo seu potencial osmótico e causando toxicidade quando em grandes quantidades. Logo, o gasto energético é direcionado à realização do ajuste osmótico, como estratégia de sobrevivência, de forma que o desenvolvimento vegetal é reduzido (LIANG et al., 2018). Como constituem fatores limitantes à germinação e desenvolvimento de espécies vegetais, o conhecimento de como os estresses hídrico e salino limitam a tolerância e a capacidade adaptativa das espécies sob essas condições é importante. Esses estudos geram informações que podem auxiliar no manejo adequado a fim de otimizar a germinação e o vigor de sementes em condições adversas (LARCHER, 2006).

Nesse sentido, estudos sobre o desempenho fisiológico de sementes de *T. aurea* submetidas a estresses abióticos são fundamentais, tendo em vista que essas condições podem dificultar ou comprometer a reprodução da espécie. Diante disto, objetivou-se avaliar a germinação e o vigor de sementes de *T. aurea* submetidas ao estresse hídrico induzido por PEG 6000 e manitol e ao estresse salino induzido por NaCl, KCl e CaCl_2 .

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ESPÉCIE

Tabebuia aurea (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore, também conhecida como craibeira, caraíba, carobeira ou paratudo, pertence à família Bignoniaceae. Ela ocorre nas cinco regiões brasileiras, nos biomas Caatinga, Cerrado e Pantanal, sendo nativa, mas não endêmica do Brasil. Sua presença é relatada também na Argentina, Bolívia, Paraguai, Peru e Suriname (FIGUEIRÔA et al., 2005; SIQUEIRA-FILHO, 2009; MMA, 2018).

A craibeira está classificada como perenifólia ou semidecídua (decídua no Cerrado), heliófita e seletiva higrófito (seletiva xerófito no Cerrado). Tem ocorrência esparsa em terrenos bem drenados do Cerrado e em agrupamentos quase homogêneos em solos úmidos ou pantanosos no Pantanal e Caatinga. É uma árvore de porte médio a alto, atingindo entre cinco e 20 m de altura, com caule de até um metro de diâmetro, com tronco tortuoso coberto por uma casca grossa e copa bastante ramificada, com grande diâmetro de sombra (LORENZI, 2014).

As folhas da craibeira são compostas, apresentando de três a sete folíolos, glabras e subcoriáceas. Suas inflorescências apresentam grande quantidade de flores na cor amarelo-ouro e seus frutos deiscentes contêm cerca de 80 sementes cada. As sementes são achatadas, estenospérmicas, do tipo aladas, com tegumento de coloração que varia conforme seu estágio de maturação, produzindo grande quantidade de sementes anualmente. O peso de mil sementes varia conforme seu estágio de maturidade, atingindo de 70,9 g, em estágios mais imaturos, a 17,1 g, em estágios mais maduros (LORENZI, 2014; LIMA et al., 2018; SANTOS et al., 2019).

Apresentando diversas utilidades, a craibeira destaca-se como planta ornamental e madeireira, tem uso medicinal, sendo fonte de produtos anti-inflamatórios, antitumorais e agentes antimicrobianos. Essa espécie é utilizada na arborização urbana e em jardins de residências, sendo atrativa por sua floração vistosa e por proporcionar sombra. Além disso, também é recomendada para uso em reflorestamentos (LORENZI, 2014; LIMA et al., 2018).

A madeira da craibeira apresenta múltiplo uso, sendo utilizada na fabricação de móveis, caixotes, esquadria, tábuas para embarcações, vigamento e cabos de ferramentas. Por apresentar características que conferem alto valor energético (pouco pesada, dura, com densidade média de 0,76 g/cm³, de grã irregular, extremamente flexível, com boa resistência mecânica e baixa resistência ao apodrecimento), também é utilizada na forma de lenha e

carvão vegetal. No entanto, a exploração da espécie sem manejo adequado acelera o processo de extinção e contribui para que sua presença na Caatinga seja cada vez mais rara (LIMA et al., 2018; LUCAS et al., 2019).

A multiplicação da craibeira ocorre principalmente via sementes, por isso as fases de germinação e desenvolvimento inicial são tão importantes e muitas vezes decisivas para o sucesso da reprodução da espécie. A obtenção de sementes de qualidade é necessária para que haja plântulas e mudas saudáveis e vigorosas. Sendo assim, alguns critérios relacionados à maturidade fisiológica devem ser observados na colheita das sementes. Nesse sentido, destaca-se a coloração dos frutos no momento da colheita, pois frutos de coloração verde-escuro ou verde-claro apresentam elevada qualidade fisiológica das sementes, com alto poder germinativo e ainda favorecem o armazenamento (NEVES et al., 2014; SANTOS et al., 2019).

Devido apresentar baixas taxas metabólicas, o armazenamento das sementes de *T. aurea* em baixas temperaturas é favorecido. No entanto, quando armazenadas em temperatura ambiente, seu período de viabilidade é curto, por isso em condições naturais estão sujeitas à perda de vigor (NEVES et al., 2014).

Sementes de craibeira não possuem dormência tegumentar, mas sua germinação pode variar conforme condições de temperatura, substrato, umidade, dentre outros fatores. Para o teste de germinação, é recomendado o uso de substrato rolo de papel sob temperatura de 25°C durante 21 dias (BRASIL, 2013). Para a produção de mudas, por sua vez, recomenda-se o uso de solo + esterco bovino ou solo + esterco bovino + pó de coco (FREIRE et al., 2015; PINTO et al., 2016).

2.2 ESTRESSES HÍDRICO E SALINO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

O processo de germinação apresenta conceitos distintos entre botânicos e tecnologistas de sementes. Do ponto de vista botânico, é o processo que se inicia com a hidratação e finaliza com a protrusão da radícula. Para os tecnologistas de sementes, a germinação é considerada completa quando produz uma plântula com estruturas essenciais e específicas de cada espécie, capazes de formar uma planta normal e saudável em condição favorável. Essas características são definidas pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009; BORGES; TOOROP, 2015). No entanto, alguns fatores interferem na formação de plântulas

normais, que necessitam de condições favoráveis e nem sempre são encontradas em campo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A disponibilidade de água é a primeira condição para iniciar a germinação de uma semente viável e não dormente, sendo considerada um dos fatores ambientais mais importantes no processo germinativo, pois aumenta a atividade respiratória, promovendo uma série de processos fisiológicos e bioquímicos e dá início à mobilização de reservas que resultam na protrusão e crescimento da raiz principal, posteriormente ao desenvolvimento da parte aérea. A partir de então, a plântula torna-se capaz de obter água e nutrientes do solo e produzir energia pelo processo da fotossíntese, tornando-se independente de tecidos de reserva (BEWLEY; BLACK, 2013; SILVA; GRZYBOWSKI; PANOBIANCO, 2016).

Algumas sementes, quando em ambientes com irregularidades na quantidade e distribuição de chuvas, podem persistir desidratadas no banco de sementes do solo, retomando seu processo de embebição rapidamente após episódios de chuva, quando se tem água disponível. Nessas épocas, é comum a ocorrência de grande quantidade de plântulas emergidas. A sobrevivência das plântulas depende de fatores ambientais favoráveis, sejam eles bióticos ou abióticos (BEWLEY et al., 2013).

Flutuações em fatores abióticos, como temperatura, luz (intensidade, qualidade e duração), disponibilidade de água e oxigênio, dentre outros fatores, podem desencadear respostas bioquímicas e fisiológicas desfavoráveis, como forma de compensar as condições de estresse para manter seu equilíbrio metabólico, crescimento, reprodução e sobrevivência. Em sementes, estresses abióticos atuam influenciando na qualidade fisiológica e, conseqüentemente, no processo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; TAIZ et al., 2017).

Existe um valor de potencial hídrico no solo abaixo do qual a germinação não ocorre, por não permitir a absorção de água necessária à ocorrência desse processo. A composição química e a permeabilidade do tegumento da semente são os principais fatores que determinam o grau mínimo de umidade necessário para que ocorra a germinação. Todavia, o excesso de umidade também pode ser prejudicial, por reduzir a disponibilidade de oxigênio para a semente (BORGES; RENA, 1993; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Com o intuito de simular condições de restrição hídrica encontradas em campo, são utilizados agentes osmóticos como o polietilenoglicol (PEG 6000) e manitol dissolvidos em água. Esses agentes são quimicamente inertes e atóxicos para as sementes e, por induzirem potencial hídrico mais negativo e apresentarem tamanho elevado das moléculas, não penetram

no tegumento, sendo capazes de restringir a absorção de água de forma lenta e controlada (ALMEIDA et al., 2018).

Condições de salinidade causam grande impacto na agricultura e afetam grandes áreas no mundo. Aproximadamente 20% de toda a área irrigada estão sob estresse salino, sendo a irrigação excessiva e a drenagem insuficiente os principais motivos para tal condição. Em regiões áridas e semiáridas, como no Nordeste brasileiro, a combinação das características do solo (jovens, rasos e com deficiência de drenagem), com fatores climáticos (baixa e irregular precipitação pluviométrica e altas temperaturas) cria condições de estresse hídrico e salino (SOUSA et al., 2018; PEIXOTO, 2020).

A salinidade pode ser intensificada por algumas práticas agrícolas, como pelo uso de irrigação com água subterrânea que apresenta elevada concentração de sais, ou de fertilizantes que, quando aplicados em excesso, aumentam a disponibilidade de sais no solo, reduzindo seu potencial osmótico (PEDROTTI et al., 2015).

O acúmulo de sais causa estresse osmótico, resultando em déficits hídricos, conseqüentemente ocasionando redução da porcentagem e velocidade de germinação. Além disso, podem diminuir o vigor das sementes por causar desbalanço iônico, devido ao acúmulo de íons tóxicos que afetam a absorção de nutrientes, causando citotoxicidade. Quando em altas concentrações, esses sais causam desnaturação de proteínas e desestabilização de membranas (SIVRITEPE, SIVRITEPE; ERIS, 2003; TAIZ et al., 2017). A salinidade pode ainda causar injúrias, como, por exemplo, degradação das clorofilas e alterações no metabolismo de proteínas e nos teores de aminoácidos, devido ao estresse iônico decorrente da alteração na concentração de íons Na^+ e Cl^- no protoplasma (SANTOS et al., 2016).

Entretanto, em condições naturais de salinidade, a sensibilidade ao potencial hídrico pode controlar a germinação de sementes e evitar que a germinação aconteça, antes que os íons atinjam níveis tóxicos (BASKIN; BASKIN, 2014).

Algumas plantas, denominadas halófitas, são adaptadas à salinidade, sendo mais tolerantes ao sal. No entanto, em condições de laboratório elas geralmente germinam melhor em água destilada do que em soluções de NaCl. Porém, algumas plantas desse grupo podem ser menos tolerantes durante o estágio de germinação quando comparado ao estágio de mudas (BASKIN; BASKIN, 2014; TAIZ et al., 2017).

As halófitas podem ser enquadradas em duas categorias: aquelas que requerem sal para sua sobrevivência e/ou para atingir máximo crescimento; aquelas que são resistentes ao sal. Sais são acumulados nas plantas à medida que são absorvidos da solução do solo e a água é transpirada. Enquanto plantas halófitas desenvolveram mecanismos de resistência ao

acúmulo de sal em suas células, as não halófitas, também denominadas glicófitas, podem não sobreviver nessas mesmas condições (WASEL, 1972; BASKIN; BASKIN, 2014). A tolerância à salinidade pode ser descrita como a habilidade que as sementes possuem de evitar que grandes quantidades de sal provenientes do substrato cheguem ao protoplasma e, também, como a capacidade de tolerar efeitos tóxicos e osmóticos causados pelo aumento da concentração de sais (LARCHER, 2006).

Para garantir a sobrevivência da planta em condições de estresse, seu crescimento e produtividade são reduzidos e, em casos mais severos, anulados. Todavia, os efeitos de estresses abióticos podem diferir de acordo com a espécie, o ciclo de vida da planta, a intensidade e duração da condição de estresse (LARCHER, 2006; HOUSSAIN et al., 2015; TAIZ et al., 2017).

Os ajustes osmótico e iônico ocorrem de forma gradual, sendo esses os primeiros processos que ocorrem quando as sementes se encontram em condições de estresse hídrico ou salino. Com o aumento da intensidade do estresse, em seguida ocorre uma série de alterações nas respostas antioxidantes, como efeitos secundários e terciários (LIANG et al., 2018). Além disso, o dano varia conforme o grau do estresse, podendo ser compensado caso ocorra em nível moderado e durar pouco tempo, até mais intenso ou irreversível quando mais severo e duradouro (MACHADO et al., 2017; PEIXOTO, 2020).

Existem metodologias que podem ser utilizadas para determinar a tolerância de plantas ao excesso de sais, destacando-se dentre elas a observação da porcentagem de germinação de sementes em substrato salino. Nessa condição, a redução do poder germinativo, comparado ao controle, é utilizada como indicador do índice de tolerância da espécie à salinidade. Dessa forma, a capacidade de germinar funciona como indicativo da tolerância das plantas aos sais em estádios subsequentes de desenvolvimento (TAIZ et al., 2017).

A influência das condições estressantes na germinação e qualidade fisiológica de sementes e plântulas tem sido estudada em campo e em laboratório, com o intuito de avaliar a tolerância de diversas espécies a estes fatores abióticos. Em testes laboratoriais, soluções aquosas de agentes osmóticos utilizando diferentes concentrações, tais como cloreto de sódio (NaCl), cloreto de potássio (KCl) e cloreto de cálcio (CaCl₂), têm sido utilizadas para avaliar a germinação das sementes em substratos salinos. Essas informações são importantes para a ecofisiologia, auxiliando na avaliação dos limites de tolerância e capacidade adaptativa das espécies (LARCHER, 2006; MOURA et al., 2011; TAIZ et al., 2017).

Estudos com tolerância aos estresses hídrico e salino vêm sendo realizados para algumas espécies florestais, como em *Myracrodruon urundeuva*, cuja tolerância a essas

condições foi dependente da qualidade fisiológica dos lotes, sendo que a germinação sob condições de salinidade se mostrou mais prejudicial do que sob estresse hídrico (OLIVEIRA et al., 2019). Em sementes de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., o estresse hídrico simulado com PEG 6000 mostrou efeitos mais graves no desempenho fisiológico das sementes do que o estresse salino com NaCl (SOUSA et al., 2018).

Já em *Aspidosperma pyriformium* Mart., a sensibilidade aos estresses variou conforme as variáveis analisadas, tendo o estresse hídrico em PEG 6000 se mostrado mais severo na germinação e crescimento de parte aérea das plântulas, ao passo que o estresse salino em NaCl promoveu maiores reduções no crescimento e acúmulo de massa seca de raízes (LEITE et al., 2016). Em sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan submetidas a estresse hídrico com PEG 6000 e salino com NaCl e CaCl₂, *P. pyramidalis* foi mais tolerante ao estresse salino, ao passo que *A. Colubrina* foi mais tolerante ao estresse hídrico, sendo ambas as espécies mais afetadas pelo CaCl₂ (SANTOS et al., 2016).

Em sementes de *Pityrocarpa moniliformis*, houve maior tolerância da germinação ao estresse salino simulado com KCl do que com NaCl e CaCl₂ e maior sensibilidade ao estresse hídrico simulado com soluções de PEG 6000 (MATOS et al., 2021). A germinação de sementes de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) submetidas ao estresse hídrico com PEG 6000 e manitol demonstrou sua alta sensibilidade ao PEG 6000, situação diferente do observado com o uso do manitol. No entanto, a germinação e vigor foram comprometidos para os dois agentes osmóticos a partir de -0,6 MPa (SANTOS et al., 2018).

Condições de salinidade na germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* em três diferentes agentes osmóticos (NaCl, CaCl₂ e KCl) demonstraram interferência da salinidade na germinação de sementes, tendo o CaCl₂ causado efeitos mais acentuados que o NaCl, seguido pelo KCl (CRUZ et al., 2020).

Sendo assim, a disponibilidade de água e a presença de salinidade são fatores limitantes bastante comuns para a germinação de sementes e para o sucesso de mudas em campo, situações comuns em regiões semiáridas. Por isso, esses fatores abióticos têm sido estudados de forma a identificar a tolerância de cada espécie a essas condições, em diferentes agentes osmóticos (LEAL et al., 2020; MOURA et al., 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de *T. aurea* foram obtidas de frutos maduros colhidos de diferentes matrizes no campus central da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró/RN (latitude 5°12'11"S; longitude 37°19'34"W e altitude aproximada de 19 m), no período entre novembro e dezembro de 2020. De acordo com Köppen, o clima local é BSw^h, seco e muito quente, com duas estações climáticas: uma seca, que geralmente compreende o período de junho a janeiro e uma chuvosa, entre fevereiro e maio (CARMO FILHO, ESPÍNOLA SOBRINHO; MAIA NETO, 1991).

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes, pertencente ao Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da UFERSA, campus de Mossoró, Rio Grande do Norte. As sementes foram submetidas à secagem natural à sombra durante seis dias, em bandejas plásticas em temperatura ambiente (temperatura média de 27,5 °C e umidade relativa média de 68,9%), até atingirem grau de umidade adequado ao armazenamento (DIAS et al., 2010). Após a secagem, as sementes foram acondicionadas em garrafas plásticas e armazenadas em ambiente controlado (17 °C ± 2°C; 55% UR) até a realização do experimento.

Para eliminar a presença de possíveis microrganismos nas sementes, antes da instalação do teste de germinação, foi realizada a assepsia destas, por meio da imersão em solução contendo 100 mL de água destilada e cinco gotas de detergente neutro, durante 10 minutos, seguida de lavagem em água corrente e enxágue em água destilada para completa remoção da solução (BRASIL, 2013).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em dois ensaios alinhados independentes, sendo a simulação de estresse hídrico em 2 x 5 (agentes osmóticos x potenciais osmóticos) e para o estresse salino em 3 x 5 (agentes osmóticos x potenciais osmóticos), com quatro repetições de 25 sementes em cada tratamento.

O teste de germinação foi conduzido em substrato rolo de papel toalha, umedecidos com as soluções que compõem os tratamentos, na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram acondicionados em sacos de plástico transparente para manutenção da umidade do substrato e colocados em câmaras de germinação tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) a 25 ± 2°C com fotoperíodo de 12 h, durante 14 dias (BRASIL, 2013).

Para a simulação do estresse hídrico, os agentes osmóticos utilizados foram o polietilenoglicol (PEG 6000) e o manitol, ajustados de acordo com testes preliminares nos

seguintes níveis de potenciais osmóticos: 0,0 (água destilada), -0,2, -0,4, -0,6 e -0,8 MPa. Para o cálculo das concentrações de manitol, foi utilizada a fórmula de Van't Hoff: $Y_{os} = RTC$ (MPa), em que: Y_{os} : potencial osmótico (atm); R: constante geral dos gases perfeitos (0,082 atm. L mol⁻¹ °K⁻¹); T: temperatura (°C) e C: concentração (mol L⁻¹) (SALYSBURY; ROSS, 1992). As soluções com o PEG 6000 foram preparadas de acordo com as informações de Villela; Doni Filho; Siqueira (1991).

Na simulação do estresse salino, utilizou-se soluções com cloreto de sódio (NaCl), cloreto de potássio (KCl) e cloreto de cálcio (CaCl₂) nos níveis de: 0 (água destilada), 6, 12, 18 e 24 dSm⁻¹, também seguindo a fórmula de Van't Hoff e ajustadas com auxílio de condutivímetro (dSm⁻¹). Esses níveis foram determinados com base em testes preliminares.

As avaliações constataram das seguintes análises:

a) Germinação: realizada ao 14º dia após a semeadura, utilizando-se como critério as que apresentavam plântulas normais, cujo desenvolvimento de raiz principal e hipocótilo era visível, conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 2009), sendo os resultados expressos em porcentagem. Apesar da recomendação da avaliação da germinação de *T. aurea* ser aos 21 dias após a semeadura, foi adaptado neste experimento para 14 dias, considerando que em testes preliminares as plântulas após os 14 dias se apresentavam muito grandes, sendo dificultado seu desenvolvimento em rolos de papel.

b) Primeira contagem: realizada ao 10º dia após a semeadura. Foram contabilizadas plântulas com o eixo hipocótilo-radícula desenvolvidos.

c) Índice de velocidade de germinação (IVG): obtido por contagens diárias do número de sementes germinadas até o 14º dia após a semeadura. Para isso, foram seguidas as recomendações da fórmula proposta por Maguire (1962), em que:

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Onde:

G1, G2, Gn = número de plântulas na primeira, na segunda e na última contagem.

N1, N2, Nn = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagem.

d) Comprimento da parte aérea e da raiz: ao final do teste de germinação, foram mensurados com auxílio de uma régua graduada em milímetros. Para isso, considerou-se o comprimento da parte aérea desde a inserção do colo até o ápice da plântula e, para raiz, desde

a inserção do colo até a extremidade da raiz principal. Ambos os resultados foram expressos em cm.plântula⁻¹.

e) Massa seca da parte aérea e da raiz: ao final do teste de germinação, as plântulas normais foram submetidas ao corte na inserção do colo para a separação de raiz e parte aérea. Estas foram acondicionadas em sacos de papel tipo Kraft e postas para secar em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, até atingirem massa constante. Em seguida, pesou-se em balança analítica (0,001 g) e os resultados foram expressos em g.plântula⁻¹.

Os resultados dos experimentos foram analisados separadamente e os dados foram submetidos à análise de variância por meio do teste F, a 5% de probabilidade. Em caso de significância, foram submetidos à análise de regressão (variáveis quantitativas) e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade (variáveis qualitativas). As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* Sisvar (FERREIRA, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Grau de umidade das sementes

O grau de umidade médio inicial das sementes de craibeira foi de 18,2%. Ao início do experimento, após o período de secagem e armazenamento, as sementes apresentaram 8,2% de grau de umidade. Este valor é adequado para o armazenamento de sementes ortodoxas, uma vez que reduz a taxa respiratória e, conseqüentemente, diminui o gasto de energia e deterioração. As sementes de *T. aurea* são classificadas como ortodoxas, possuem baixas taxas metabólicas e elevado teor de óleo em sua composição, razão pela qual é recomendável seu armazenamento em temperaturas mais baixas, uma vez que o armazenamento em temperatura ambiente reduz seu período de viabilidade (NEVES et al., 2014).

Estresse hídrico

De acordo com a análise de variância, houve interação significativa a 1% de probabilidade entre os agentes osmóticos e os níveis de potenciais osmóticos utilizados para todas as variáveis (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para germinação (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) de plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse hídrico. Mossoró-RN, 2022.

Fontes de variação	GL	G	PC	IVG	CR	CPA	MSR	MSPA
Agentes	1	129,64**	49,85**	188,8**	4,183*	94,05**	121,09**	205,14**
Níveis	4	230,75**	1.194,62**	166,3**	260,72**	425,53**	179,72**	62,51**
Agentes x Níveis	4	14,81**	49,85**	4,46**	12,28**	7,76**	21,66**	88,71**
CV		12,42	14,02	9,97	9,29	12,67	11,94	11,22
Média		49,2	23,0	4,82	9,15	1,56	0,01	0,07

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste Tukey.

^{n.s} não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A partir do potencial -0,2 MPa, constatou-se redução significativa na germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação de sementes de craibeira (Figura 1). A germinação teve redução linear conforme a diminuição do potencial osmótico das soluções.

Com o PEG 6000, houve redução considerável a partir do nível -0,6 MPa, não ocorrendo germinação no potencial mais negativo (-0,8 MPa). Com isso, verificou-se o limite máximo de tolerância ao estresse hídrico simulado com PEG 6000 no nível de -0,72 MPa. Para o manitol, não foi possível encontrar o limite máximo de tolerância, uma vez que o menor potencial testado (-0,8 MPa) não foi suficiente para cessar a germinação das sementes, cuja germinação foi de 28% (Figura 1A).

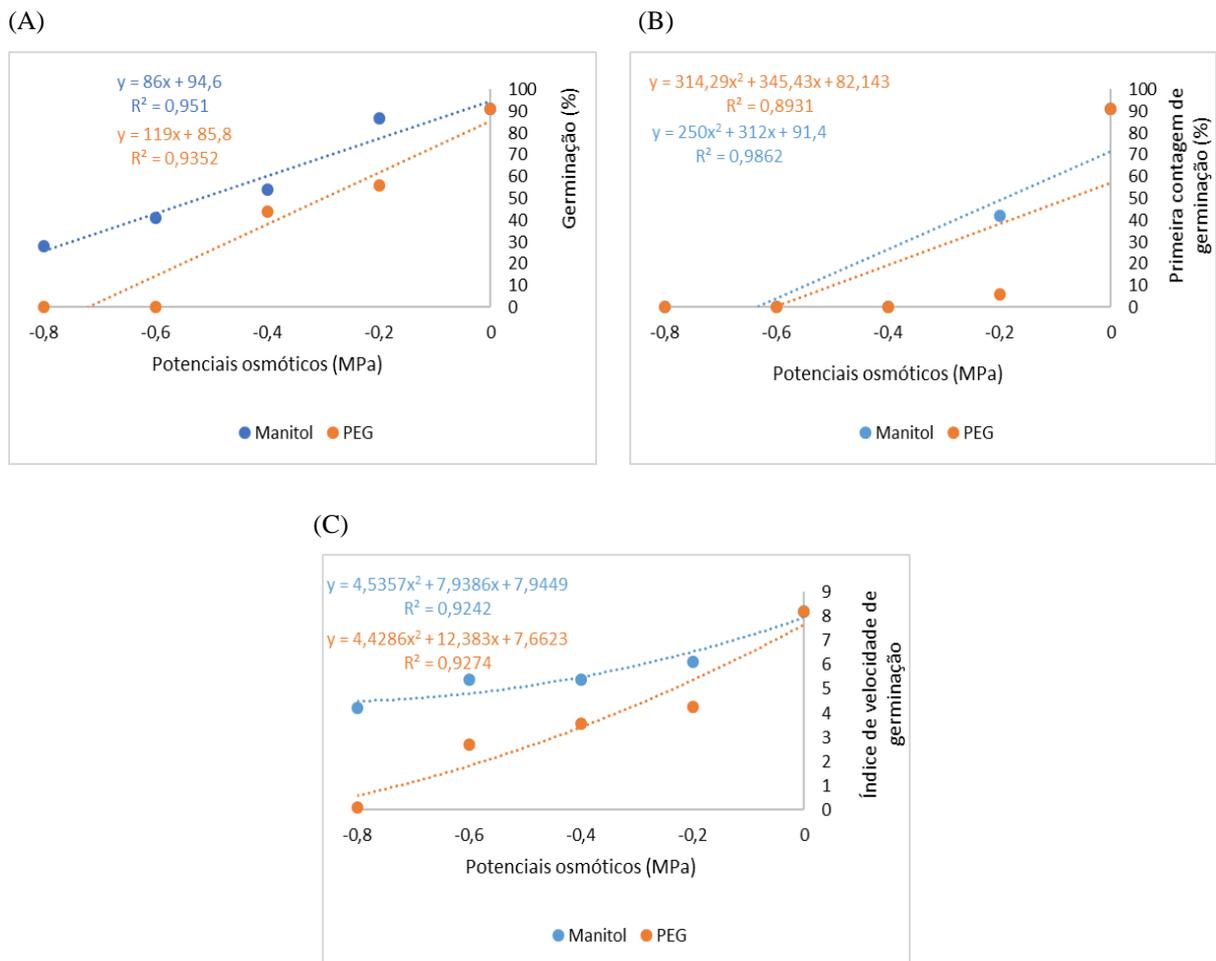


Figura 1 - Germinação (A), primeira contagem de germinação (B) e índice de velocidade de germinação (C) de sementes de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse hídrico. Mossoró-RN, 2022.

A primeira contagem de germinação de sementes de craibeira teve redução acentuada desde o nível -0,2 MPa para ambos os agentes osmóticos. Nessa variável, não ocorreu germinação a partir dos níveis de -0,4 MPa (PEG 6000) e -0,6 MPa (manitol) (Figura 1B). Esse comportamento pode ser explicado devido à seca fisiológica causada pela redução do

potencial osmótico, que promove a permanência das sementes por mais tempo na fase II do processo de germinação, causando atraso do processo germinativo e redução na germinação (BEWLEY et al., 2013; FELIX et al., 2018).

Os resultados obtidos para o índice de velocidade de germinação (IVG) mostraram-se semelhantes à primeira contagem de germinação, com decréscimos a partir do potencial $-0,2$ MPa, cuja redução neste potencial foi de 48% em PEG 6000 e 25% em manitol, em relação à testemunha (0 MPa) (Figura 1C). Essa redução pode estar relacionada com o atraso na fase III da germinação, cujo evento necessita de maior disponibilidade de água para que haja a protrusão da raiz primária. Dessa forma, como houve restrição de absorção de água, causada pela redução do potencial hídrico da solução, houve atraso ou impedimento da ocorrência de processos fisiológicos, reduzindo, assim, a velocidade de germinação das sementes (MOURA et al., 2011).

Esses resultados sinalizam os efeitos nocivos causados pela baixa disponibilidade de água às sementes durante o processo de germinação. Contudo, pode-se verificar maior tolerância dessa espécie ao estresse hídrico simulado com manitol, cujos resultados de germinação, primeira contagem de germinação e IVG foram superiores aos obtidos para o PEG 6000.

A maior sensibilidade das sementes ao PEG 6000 em relação ao manitol pode ser atribuída à alta viscosidade e alto peso molecular de suas soluções. Com isso, a absorção de água pelas sementes é dificultada, além de comprometer a absorção de O_2 , implicando maior restrição hídrica. Como consequência, pode reduzir a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas (ANTUNES et al., 2011). Por outro lado, as soluções de manitol apresentam baixa viscosidade, podendo o manitol ter penetrado nas sementes, reduzindo, desse modo, o efeito de restrição hídrica, por isso resultam em menores efeitos drásticos durante o processo de germinação (FERREIRA et al., 2017).

A alta sensibilidade de sementes causadas pelo uso de PEG 6000, quando comparadas ao uso do manitol, também foi verificada em outras espécies florestais. A germinação e o IVG de sementes de *Samanea tubulosa* foram extremamente afetados pelo PEG 6000 a partir de $-0,3$ MPa, ao passo que em manitol maiores efeitos sobre a germinação foram verificados a partir de $-0,9$ MPa (SANTOS JUNIOR; SILVA, 2020). Da mesma forma, o PEG 6000 e o manitol, sob as temperaturas de 25 e 30 °C, em *Handroanthus impetiginosus*, resultaram em maior sensibilidade do primeiro ao nível de $-0,6$ MPa, para ambas as temperaturas (SANTOS et al., 2018).

Devido ao retardo no desenvolvimento das plântulas causado pelo estresse hídrico, foi verificada na primeira contagem grande quantidade de plântulas com desenvolvimento apenas da radícula, razão pela qual estas não foram consideradas plântulas normais. Já ao final da germinação, algumas destas plântulas apresentavam as demais estruturas essenciais ao seu desenvolvimento, sendo, portanto, enquadradas como plântulas normais. Isso explica a diferença observada entre a germinação e a primeira contagem de germinação, apontando que as condições de estresse hídrico dificultaram o processo de germinação e retardaram o desenvolvimento das plântulas. Em potenciais mais negativos, houve o impedimento da germinação, por comprometer a sequência de eventos metabólicos da germinação, que excederam o potencial hídrico mínimo necessário para esse processo (BEWLEY et al., 2013; COLMAN et al., 2014).

Variação do limite de tolerância entre as espécies têm sido relatadas em estudos envolvendo estresses abióticos em sementes florestais. Algumas são mais sensíveis, como *Pityrocarpa moniliformis*, cujo limite máximo de germinação das sementes verificado em PEG 6000 foi a -0,1 MPa (MATOS et al., 2021). Já em *Combretum leprosum*, foi verificada a diminuição da porcentagem de germinação a partir do nível -0,2 MPa em soluções de PEG 6000, sob diferentes temperaturas (LEAL et al., 2020).

Em seis diferentes espécies de *Eucalyptus*, o limite máximo de tolerância ao estresse hídrico encontrado variou de -0,6 a -0,8 MPa em soluções de PEG 6000 (SÁ-MARTINS et al., 2019). Em *Handroanthus impetiginosus*, a faixa de tolerância em soluções de PEG 6000 também fica entre -0,6 e -0,8 MPa, ao passo que em *Tabebuia roseoalba* e *Handroanthus chrysotrichus* varia de -0,8 a -1,0 MPa (VALDOVINOS et al., 2021). Desse modo, demonstra-se a necessidade de estudos avaliando a sensibilidade de cada espécie ao estresse hídrico, de forma a determinar a faixa de tolerância para cada uma delas, auxiliando na escolha de espécies mais tolerantes a condições de estresses abióticos (MARCOS-FILHO, 2015).

Os comprimentos de raiz e de parte aérea foram reduzidos conforme a diminuição do potencial osmótico do substrato (Figura 2). Foi verificada redução gradual no comprimento radicular de plântulas com o uso de manitol conforme a redução dos potenciais osmóticos, ao passo que com o uso do PEG 6000 houve redução mais acentuada a partir de -0,4 MPa. Como não houve germinação em PEG 6000 a -0,8 MPa, também não houve desenvolvimento de raiz e parte aérea neste mesmo tratamento.

As reduções foram mais expressivas no comprimento de parte aérea do que no comprimento de raiz, a partir do nível de -0,2 MPa para ambos os agentes osmóticos. Isso se

deve à restrição na absorção de água necessária ao desenvolvimento das plântulas, assim, como forma de garantir sua sobrevivência, elas investem mais no crescimento de raízes, com a finalidade de melhorar a eficiência na absorção de água. Esse mecanismo funciona como uma adaptação da espécie à deficiência hídrica e a outras condições de estresses abióticos (SILVA et al., 2019). O estresse hídrico simulado com PEG 6000 resultou em menores comprimentos de parte aérea do que com o uso do manitol, com não desenvolvimento de parte aérea de plântulas a partir do nível -0,6 MPa. Esse resultado ressalta os efeitos causados pelo estresse hídrico, provocados pela redução da expansão celular e turgor inadequado (Figura 2B) (TAIZ et al., 2017).

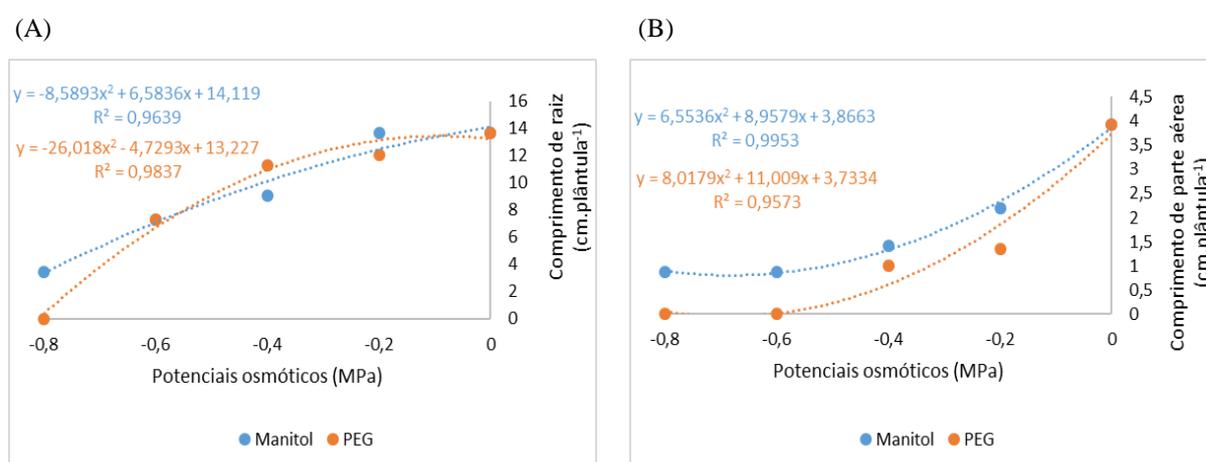


Figura 2 - Comprimento de raiz (A) e de parte aérea (B) de plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse hídrico. Mossoró-RN, 2022.

Constatações semelhantes foram verificadas também por Matos et al. (2021) em plântulas de *Pityrocarpa moniliformis* submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG 6000, ocasionando diminuição do comprimento radicular e da parte aérea das plântulas à medida que os potenciais osmóticos se tornaram mais negativos, a partir de -0,2 MPa. Em plântulas de *Handroanthus impetiginosus*, Santos et al. (2018) também encontraram redução no comprimento de raiz e parte aérea conforme a redução do potencial hídrico de soluções de PEG 6000 e manitol a partir de -0,2 MPa, sob as temperaturas de 25 e 30 °C. Já em *Combretum leprosum*, Leal et al. (2020) também verificaram reduções nos comprimentos de raiz e parte aérea de plântulas à medida que o potencial osmótico de PEG 6000 diminuía,

porém com efeitos variáveis entre as temperaturas de 25, 30, 35 e 20-30 °C, cujas médias mais altas foram alcançadas sob a temperatura de 30 °C.

A massa seca de raízes diminuiu conforme a redução do potencial hídrico utilizado, apresentando comportamento linear para os dois agentes osmóticos. Semelhantemente ao que ocorreu para as demais variáveis, o PEG 6000 provocou maior declínio na massa seca de raízes do que o manitol (Figura 3A).

A massa seca de parte aérea das plântulas teve comportamento peculiar (Figura 3B). Enquanto que com a utilização do PEG 6000 houve redução acentuada em função do aumento da restrição hídrica a partir de -0,2 MPa, com o manitol a massa seca se manteve constante (Figura 3B). O declínio da massa seca de parte aérea com o uso do PEG 6000, conforme a redução do potencial hídrico da solução, pode estar associado à redução da velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos. Além disso, nessa condição de déficit hídrico, normalmente há dificuldade de hidrólise e mobilização de reservas nas sementes durante o processo de germinação (SOUSA et al., 2018; LEAL et al., 2020).

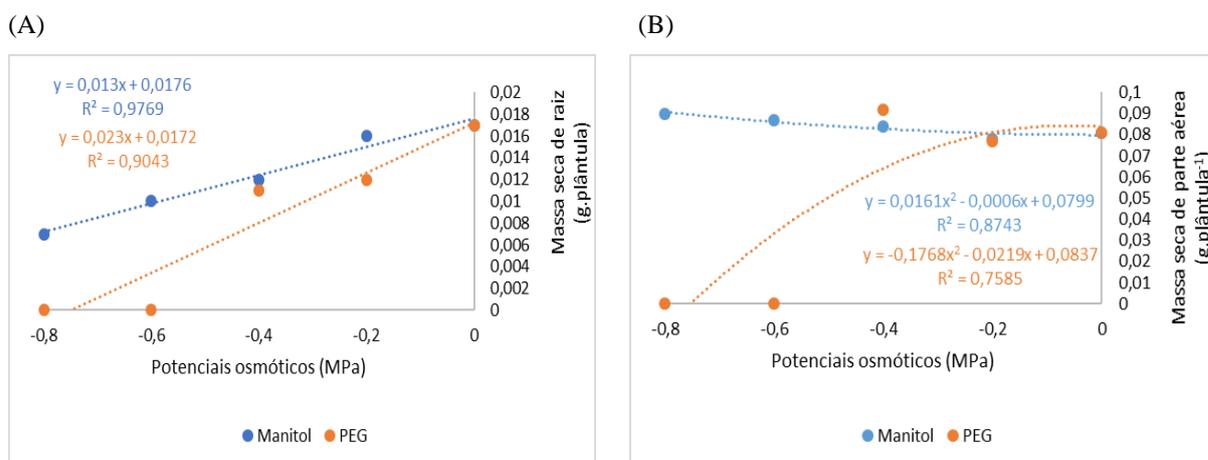


Figura 3 - Massa seca de raiz e de parte aérea de plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse hídrico. Mossoró-RN, 2022.

De forma similar, o estresse hídrico simulado por PEG 6000 causou redução na massa seca de raízes e parte aérea de plântulas de *Pityrocarpa moniliformis* (MATOS et al., 2021). Já em plântulas de *Combretum leprosum*, a redução do potencial hídrico ao nível -0,2 MPa de PEG 6000 provocou redução na matéria seca de parte aérea, nas temperaturas de 25, 30, 35 e 20-30 °C, e incremento na matéria seca de raiz no potencial de -0,2 MPa, ocasionando, porém, redução em potenciais mais negativos (LEAL et al., 2020). Em *Mimosa caesalpinifolia* provenientes de três regiões brasileiras diferentes, o estresse hídrico simulado

por PEG 6000 também provocou redução na massa seca de parte aérea de plântulas a partir de -0,2 MPa e incremento na massa seca de raiz nos primeiros níveis, reduzindo após o nível de -0,4 MPa (SOUSA et al., 2018).

Em geral, as sementes apresentaram melhor desempenho fisiológico quando germinadas em substrato umedecido com água, sem estresse hídrico. Isto pode ser explicado pela restrição na absorção de água causada pela redução do potencial hídrico, o qual influencia em processos fisiológicos que promovem a germinação (MARCOS-FILHO, 2015).

Além disso, diferentes respostas germinativas das sementes de *T. aurea* foram obtidas frente ao estresse hídrico induzido por manitol e PEG 6000, que pode ser atribuído à permeabilidade do tegumento das sementes frente aos solutos de baixo peso molecular. Com isso, o manitol pode ter penetrado nas sementes, reduzindo, assim, o efeito de restrição hídrica por aumentar o potencial hídrico das soluções (FERREIRA et al., 2017). Dessa forma, as sementes de *T. aurea* apresentaram maior tolerância ao estresse hídrico com manitol, quando comparado ao PEG 6000.

Estresse salino

Considerando a análise de variância, houve interação significativa a 1% de probabilidade entre os agentes e os níveis utilizados para todas as variáveis, com exceção do comprimento de parte aérea, que apresentou efeito significativo isolado para ambos os fatores (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para germinação (G), primeira contagem (PC), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de raiz (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) em plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.

Fontes de variação	GL	G	PC	IVG	CR	CPA	MSR	MSPA
Agentes	2	6,80**	188,33**	69,70**	55,38**	10,144**	0,636 ^{ns}	38,86**
Níveis	4	221,13**	979,84**	387,42**	253,044**	371,11**	248,41**	7,02**
Agentes x Níveis	8	4,66**	44,64**	13,56**	11,76**	1,80 ^{ns}	8,77**	18,83**
CV		8,52	14,67	6,50	9,28	12,99	10,38	7,41
Média		68,47	27,8	5,33	9,38	1,87	0,01	0,08

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste Tukey.

^{ns} não-significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

A germinação de sementes de craibeira reduziu gradativamente em função do aumento da concentração salina no substrato (NaCl, KCl e CaCl₂). No entanto, essa espécie mostrou-se tolerante a altas concentrações de salinidade, com germinação acima de 50% ao nível de 18 dSm⁻¹, para os três agentes (Figura 4A).

A germinação em meio salino (KCl), resultou em curva quadrática, com pequeno incremento ao nível de 6 dSm⁻¹ e posterior decréscimo, chegando a 75% de redução a 24 dSm⁻¹, quando comparado à testemunha. Sob os sais CaCl₂ e NaCl, a redução se deu de forma gradativa, no entanto o NaCl afetou menos a germinação em níveis de maior concentração, sendo verificada redução de 53% na germinação a 24 dSm⁻¹, versus 75% de redução em CaCl₂, quando comparados à testemunha.

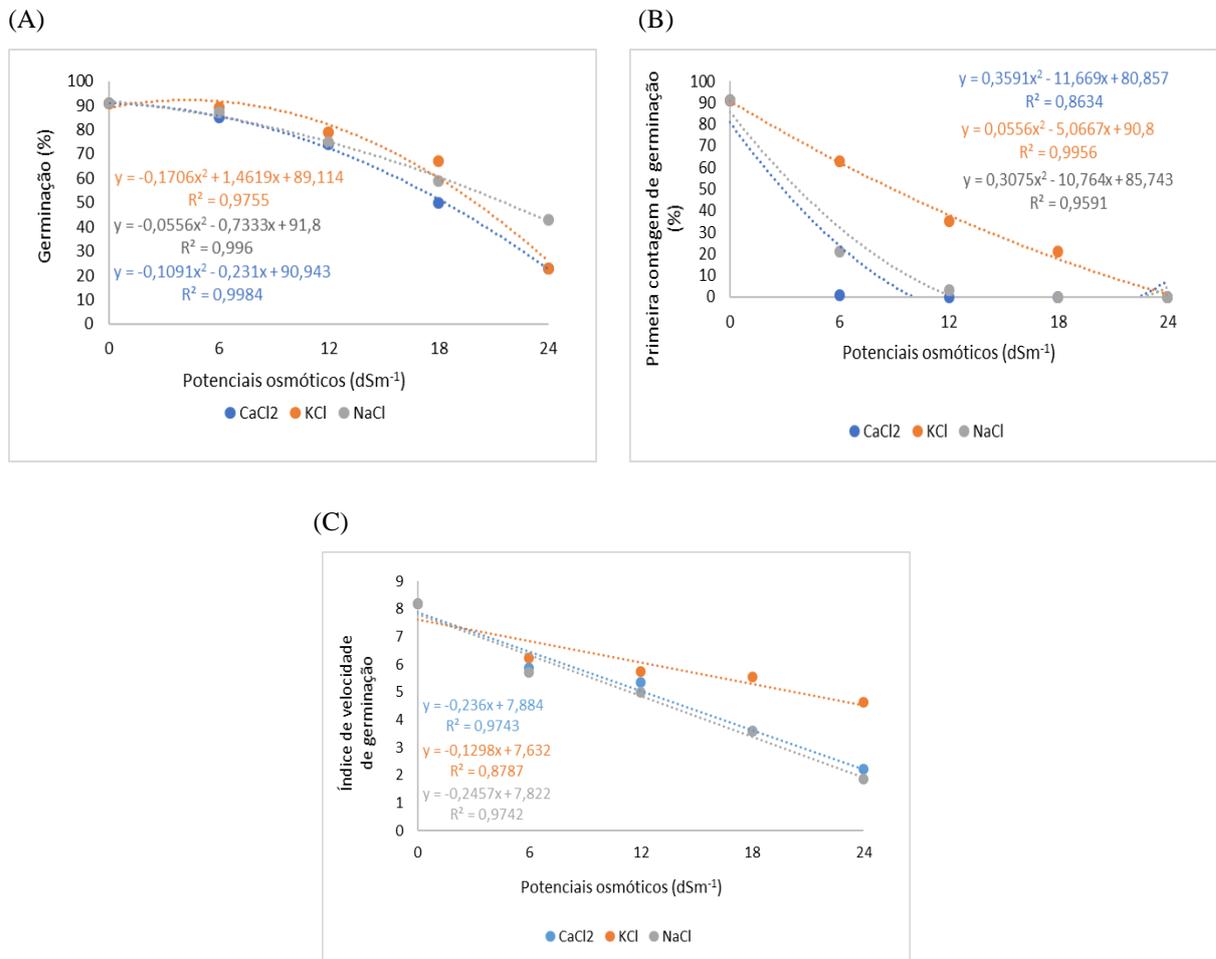


Figura 4 - Primeira contagem de germinação (A), porcentagem de germinação (B) e índice de velocidade de germinação (C) de sementes de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.

Estudos sobre os efeitos de diferentes sais na germinação de sementes têm sido conduzidos visando a avaliar a tolerância das espécies nestas condições. Em *Ochroma pyramidale*, constatou-se que o limite máximo de tolerância ao estresse salino simulados com NaCl, CaCl₂ e KCl foi de -0,6 MPa, cujo desenvolvimento foi mais afetado pelo CaCl₂ (CRUZ et al., 2020). Em sementes de *Samanea tubulosa* submetidas a estresse salino simulado com NaCl e KCl, houve diminuição da germinação a partir de -0,6 MPa. Esse efeito foi mais drástico em substrato com NaCl, cuja redução na germinação foi de 68% no potencial -1,2 MPa, ao passo que sob o KCl foi de 49% no mesmo nível, em comparação à testemunha (SANTOS JUNIOR; SILVA, 2020). Baixa tolerância ao estresse salino simulado por NaCl e CaCl₂ na fase de germinação foi verificada em *Pityrocarpa moniliformis*, cujas reduções foram de 45% e 30% em concentrações de -0,1 MPa e -0,4 MPa, respectivamente, e moderada tolerância ao KCl, com redução de 40% a -0,8 MPa (MATOS et al., 2021).

Os valores da primeira contagem de germinação de sementes de craibeira em condições de salinidade decresceram significativamente desde o primeiro potencial osmótico testado (6 dSm⁻¹), indicando que o aumento da concentração de sais causa retardo na germinação de sementes dessa espécie. Os efeitos foram mais severos com a utilização de CaCl₂ e NaCl, cujos valores de germinação foram mais afetados a 12 dSm⁻¹ (germinação zero). Por outro lado, as sementes mostraram-se menos sensíveis ao KCl, quando comparado aos demais agentes osmóticos, pois, embora esse agente também tenha provocado redução gradativa nos valores da primeira contagem, apenas ao nível de 24 dSm⁻¹ não houve germinação das sementes (Figura 4B).

As diferenças verificadas entre as porcentagens de germinação e primeira contagem das sementes de craibeira submetidas ao estresse salino devem-se ao pouco desenvolvimento das plântulas na primeira contagem, que apresentavam apenas o desenvolvimento da radícula, razão pela qual não foram consideradas como plântulas normais. Ao final do teste de germinação, foi verificada a formação do eixo hipocótilo-radícula, indicando que as plântulas conseguiram ter pleno desenvolvimento, apesar do retardo causado pelo estresse salino.

O aumento da concentração de sais das soluções reduziu de forma linear o índice de velocidade de germinação de sementes de craibeira, resultando em menores valores para as sementes submetidas aos sais CaCl₂ e NaCl (Figura 4C). Comparando os resultados obtidos no nível 24 dSm⁻¹ com a testemunha, as reduções obtidas no IVG foram de 77% em NaCl, 73% em CaCl₂ e 43% em KCl.

Em estudo semelhante com sementes de *Ochroma pyramidale*, o IVG foi reduzido em 80%, 68% e 36% sob o estresse hídrico de -0,4 MPa com CaCl₂, NaCl e KCl, respectivamente

(CRUZ et al., 2020). Esse fato indica a necessidade da avaliação do efeito que cada sal pode causar, uma vez que a tolerância à natureza catiônica da água pode ter respostas diferentes para espécies distintas (LEAL et al., 2019).

O excesso de sais causa desidratação das células, citotoxicidade, redução na atividade metabólica e síntese de tecidos nas sementes, devido à redução do potencial hídrico da água e consequente dificuldade de absorção de água pelas raízes das plântulas, provocando redução da velocidade ou até mesmo incapacidade de germinação. Dessa forma, ainda que ocorra a germinação, pode prejudicar seu estabelecimento, fazendo com que as sementes que emitiram a radícula não consigam se desenvolver bem, induzindo o aumento da formação de plântulas anormais e sementes mortas (TAIZ et al., 2017; MARCOS-FILHO, 2015; NOGUEIRA et al., 2020).

Para os três agentes testados, houve decréscimo no comprimento radicular das plântulas de craibeira conforme houve o aumento da salinidade das soluções. A redução mais severa foi verificada em CaCl_2 , que levou a um comprimento radicular de apenas 1,88 cm.plântula^{-1} ao nível de 24 dSm^{-1} , o que representa redução de 86%, quando comparado com o comprimento obtido na testemunha. Para o KCl e o NaCl , a redução verificada de 0 a 24 dSm^{-1} foi de 60 e 70%, respectivamente (Figura 5).

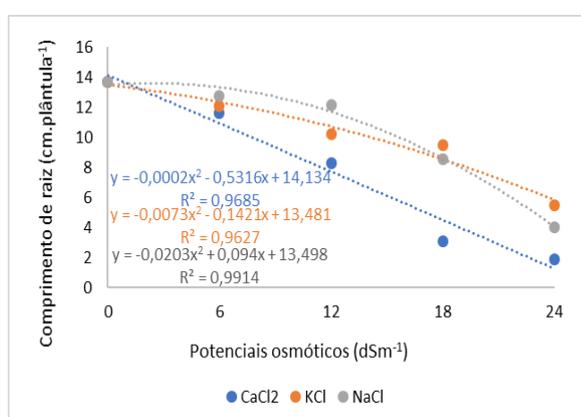


Figura 5 - Comprimento de raiz de plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.

A redução do sistema radicular funciona como um mecanismo de tolerância à salinidade, por limitar a entrada de água e, por consequência, a entrada de sais, evitando a ocorrência de toxicidade por excesso de íons específicos (OLIVEIRA et al., 2016; SÁ et al., 2016).

Não obstante, em estudo semelhante, Leal et al. (2019) observaram reduções de 3% no comprimento de raiz de plântulas de *Combretum leprosum* sob estresse hídrico com CaCl_2 a $6,5 \text{ dSm}^{-1}$, ao passo que em KCl e NaCl não houve formação de raiz aos níveis de $6,5 \text{ dSm}^{-1}$ e $5,5 \text{ dSm}^{-1}$, respectivamente. Santos Junior; Silva (2020), avaliando sementes de *Samanea tubulosa*, também verificaram redução no comprimento de raiz das plântulas sob estresse hídrico a partir de $-0,6 \text{ MPa}$ em NaCl e KCl.

No comprimento de parte aérea de plântulas de craibeira, de acordo com o teste de Tukey, não houve diferença estatística a 5% de probabilidade entre os agentes osmóticos KCl e NaCl, os quais foram superiores ao CaCl_2 (Tabela 3).

Tabela 3 – Efeito isolado dos agentes osmóticos no comprimento de parte aérea (CPA) de plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.

Agentes	CPA
KCl	2,035 a
NaCl	1,885 a
CaCl_2	1,690 b

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando as variações entre os níveis testados, houve redução do comprimento de parte aérea de plântulas de craibeira, à medida que ocorreu aumento da concentração salina das soluções (Figura 6). Essa redução do comprimento de parte aérea pode ser explicada pela redução na expansão celular, causada pela seca fisiológica produzida, além do efeito tóxico da presença de íons no protoplasma (TAIZ et al., 2017).

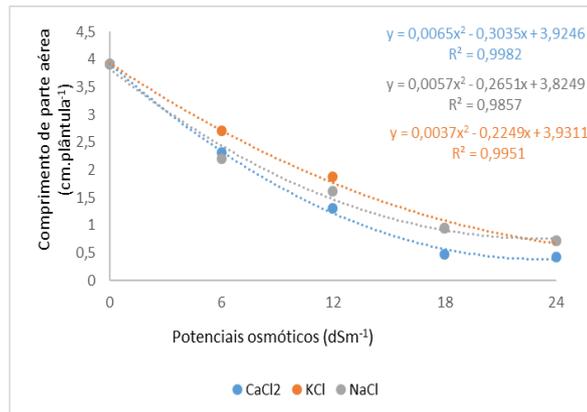


Figura 6 - Comprimento de parte aérea de plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.

De forma semelhante, Nogueira et al. (2020) verificaram redução de aproximadamente 50% no comprimento de parte aérea de plântulas de *Piptadenia stipulacea* irrigadas com água salina a 6,5 dSm⁻¹ de NaCl, em comparação com as irrigadas a 0,5 dSm⁻¹. Por outro lado, Leal et al. (2019) também verificaram redução no comprimento de parte aérea de plântulas de *Combretum leprosum* em função do aumento da concentração de soluções salinas, cuja redução foi de 70% a 6,5 dSm⁻¹ em CaCl₂, em comparação com o tratamento controle (0 dSm⁻¹). No mesmo trabalho, verificaram atrofiamento das plântulas a 5,5 dSm⁻¹ e 6,5 dSm⁻¹ de NaCl e KCl, respectivamente, sem formação de parte aérea.

À medida que os níveis de salinidade aumentaram, houve redução linear da massa seca de raiz das plântulas de craibeira, com respostas semelhantes para os três agentes testados (Figura 7A). Embora tenha ocorrido redução na massa seca de parte aérea de plântulas de craibeira submetidas a estresse salino com KCl, efeito contrário ocorreu em CaCl₂ e NaCl, cuja massa seca foi diretamente proporcional ao aumento dos níveis de salinidade (Figura 7B).

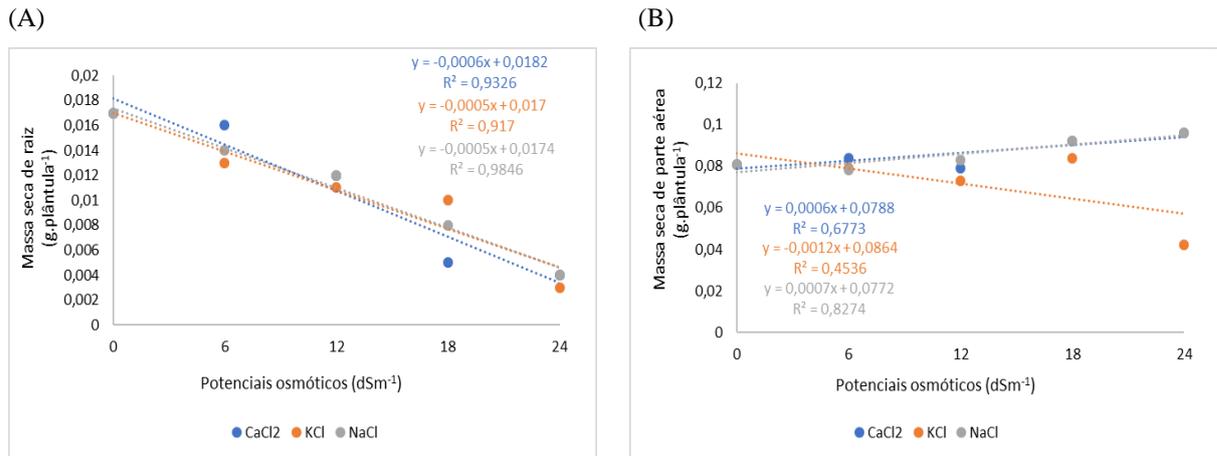


Figura 7 - Massa seca de raiz (A) e de parte aérea (B) de plântulas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S.Moore) submetidas ao estresse salino. Mossoró-RN, 2022.

Os resultados desta pesquisa com massa seca de raiz e parte aérea divergem dos encontrados por Nogueira et al. (2020), que verificaram progressiva redução na massa seca de raiz e de parte aérea de plântulas de *Piptadenia stipulacea*, à medida que os níveis de salinidade (NaCl) aumentaram. Cruz et al. (2020) verificaram decréscimo na massa seca de plântulas de *Ochroma pyramidale* submetidas à salinidade com NaCl, CaCl₂ e KCl, desde o potencial de -0,1 MPa, cuja redução mais acentuada foi verificada com o uso do CaCl₂, que, em relação à testemunha, teve redução de 71% a -0,4 MPa, Leal et al. (2019) também verificaram redução no acúmulo de massa seca de raiz de *Combretum leprosum* submetidas ao estresse salino com NaCl, KCl e CaCl₂, cujos efeitos ocorreram de forma gradual e foram mais severos sob KCl e NaCl, com valores nulos a 5,5 dSm⁻¹. No mesmo estudo, efeito exponencial foi causado pelos três agentes na massa seca de parte aérea, com reduções de 46%, 99,9% e 100% em CaCl₂, KCl e NaCl a 6,5 dSm⁻¹, respectivamente.

A presença de íons de sódio pode desestabilizar o potencial osmótico e o equilíbrio de membrana das plantas, induzindo seu metabolismo a reparar estruturas celulares, reduzindo, conseqüentemente, seu desenvolvimento. Isso funciona como um mecanismo adaptativo ao estresse, garantindo condições para a manutenção de suas atividades vitais, mesmo que de forma limitada (FERREIRA et al., 2017; LIMA et al., 2018).

Apesar de o aumento da concentração salina ter causado efeitos negativos na germinação e vigor de sementes de *T. aurea*, mesmo utilizando altos níveis (24 dSm⁻¹), não foi possível encontrar o limite máximo de tolerância da espécie a CaCl₂, NaCl e KCl. Isso indica que a espécie apresenta elevada tolerância ao estresse salino e, portanto, confere caráter

adaptativo, demonstrando maior capacidade de sobrevivência e estabelecimento das plântulas em ambientes salinos, razão pela qual esses não são considerados fatores limitantes à propagação da espécie.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estresses hídrico e salino reduzem a germinação e o vigor de sementes de *Tabebuia aurea*, sendo o hídrico mais danoso à espécie.

Sementes de *T aurea* são mais sensíveis ao estresse hídrico induzido por PEG 6000 do que ao manitol, cujo limite máximo de tolerância é de -0,72 MPa.

Dos sais empregados, o que mais prejudicou a espécie foi o CaCl_2 , seguido pelo NaCl e KCl.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U. P et al. Caatinga revisited: ecology and conservation of an important seasonal dry forest. **The Scientific World Journal**, p. 1-18, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3415163/pdf/TSWJ2012-205182.pdf>. Acesso em: 03 maio 2022.
- ALMEIDA, J. A. S. et al. Water stress in germination, growth and development of coffee cultivars. **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 1, p. 82-89, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/93b67dLd5mRKpVNwFhx5zDn/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 fev. 2022.
- ARAÚJO, J. L. et al. Crescimento inicial de craibeira em solo salinizado corrigido com enxofre elementar. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 647-660, 2013. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/570>. Acesso em: 15 fev. 2022.
- ANTUNES, C. G. C. et al. Germinação de sementes de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira) submetidas a deficiência hídrica. **Revista Árvore**, v. 35, n. 5, p.1007-1015, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000600006>. Acesso em: 13 mar. 2022.
- AZERÊDO, G. A.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. sob estresse hídrico. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 193-202, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/8szD7j47LrsNLhvHW4RLYXR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 nov. 2021.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination**, 2. ed. San Diego, CA, USA: Academic/Elsevier, 2014.
- BESSA, M. C. et al. Mechanisms of salt tolerance in seedlings of six woody native species of the Brazilian semi-arid. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 157-165, jan./mar. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/tx3z69MQFcWCFT869DDD9rG/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 04 dez. 2021.
- BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. Ed. New york: Springer, 2013.
- BORGES, E. E. L.; RENA, A. B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑARODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 83-136.
- BORGES, E. E. L.; TOOROP, P. E. Fisiologia da germinação. In: PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B.; SILVA, A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, 2015. p. 244-258.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília: MAPA/ACS, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o Futuro: Região Centro-Oeste. Brasília, DF: MMA, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite: acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA. Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 a 2008. Relatório Técnico: Brasília, 2011.

BRITO, W. A. L. et al. Evaluation of viability of *Tabebuia aurea* seeds through tetrazolium test. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 4, p. 993-999, out./dez. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/tBM3dBWwmLTjF6RM6ksqXPM/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 03 abr. 2022.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J. M. **Dados climatológicos de Mossoró**: um município do semi-árido nordestino. Mossoró: ESAM, 1991. 121p. (Coleção Mossoroense, série C, 30).

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012.

COLMAN, B.A. et al. Indução de tolerância ao estresse hídrico na germinação de sementes de feijão-caupi. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 5, n. 4, p. 449-455, out./dez. 2014. Disponível em: <https://www.comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/276/285>. Acesso em: 24 dez. 2021.

COSTA, A. R. S. et al. Desertification in semi-arid northeast of Brazil. **Revista Geama**, v. 2, n. 4, p. 427-445, out./dez. 2016. Disponível em: <http://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/920/1387>. Acesso em: 20 maio 2022.

CRUZ, V. S. et al. Efeito da salinidade na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Ochroma pyramidale*. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 2, p. 239-245, mar./abr. 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/8266/6927>. Acesso em: 20 abr. 2022.

CUNHA, R. et al. Métodos para conservação a longo prazo de sementes de *Tabebuia* spp.: Bignoniaceae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 4, n. 4, p. 675-678, mar./abr. 1992. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/iflorestal/ifref/RIF4-3/RIF4-3_675-678.pdf. Acesso em: 02 maio 2022.

DEGAN, P. et al. Influências de métodos de secagem na conservação de sementes de ipê branco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 492-496, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/zWh6ZHcRKwdYWC4XzpdTRgN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 jan. 2022.

DIAS, N. S. et al. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 7, p. 755-761, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/xxKp4StCzB7KCdXLktWFPXb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 mai. 2022.

FELIX, F. C. et al. Estresse hídrico e térmico na germinação de sementes de *leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 2, p. 1-7, jun. 2018. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v13i2a5515/331>. Acesso em: 13 fev. 2022.

FERREIRA, A. C. T. et al. Water and salt stresses on germination of cowpea (*Vigna unguiculata* cv. BRS Tumucumaque) seeds. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 1009-1016, out./dez. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/h7XW96tcPgM6gvcRryPMVCV/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 04 nov. 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>. Acesso em: 04 nov. 2021.

FERREIRA, R. A.; CUNHA, M. C. L. Aspectos morfológicos de sementes, plântulas e desenvolvimento da muda de craibeira (*Tabebuia caraiba* (Mart.) Bur.) Bignoniaceae e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) Apocynaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 134-143, jan. 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/310226140_ASPECTOS_MORFOLOGICOS_DE_SEMENTES_PLANTULAS_E_DESENVOLVIMENTO_DA_MUDA_DE_CRAIBEIRA_Ta bebuia_caraiba_Mart_Bur_-_BIGNONIACEAE_E_PEREIRO_Aspidosperma_pyrifolium_Mart_-_APOCYNACEAE_-_MORPHOLOGICAL_ASPECTS. Acesso em: 25 jan. 2022.

FIGUEIRÔA, J. M. et al. Madeireiras. In: SAMPAIO, E. V. S. B. et al. **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2005. p. 101-133.

FREIRE, A. L. et al. Crescimento de mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook) em diferentes substratos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 38-45, 2015. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/639/pdf>. Acesso em: 13 fev. 2022.

GABRIEL, J. J. et al. The role of cover crops in irrigated systems: soil salinity and salt leaching. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 158, n. 8, p. 200-207, set. 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880912002381?via%3Dihub>. Acesso em: 13 fev. 2022.

GUEDES, R. S. et al. Storage of *Tabebuia caraiba* (Mart.) Bureau seeds in different packaging and temperatures. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 433-440, 2012.

Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbs/a/XtSfmXP4DTwdYJ7GvHkLCQq/?format=pdf&lang=en>.
 Acesso em: 13 fev. 2022.

HOSSAIN, M. A. et al. Hydrogen peroxide priming modulates abiotic oxidative stress tolerance: insights from ROS detoxification and scavenging. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 420, p. 1-19, jun. 2015. Disponível em:
<https://www.readcube.com/articles/10.3389/fpls.2015.00420>. Acesso em: 25 jan. 2022.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3. ed. São Carlos: Rima, 2006.

LEAL, C. C. P. et al. Initial development of *Combretum leprosum* Mart. seedlings irrigated with saline water of different cationic natures. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 50, n. 2, p. 300-306, abr./jun. 2019. Disponível em:
<http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/5220/1806>. Acesso em: 24 abr. 2022.

LEAL, C. C. P. et al. Water stress on germination and vigor of ‘mofumbo’ (*Combretum leprosum* Mart.) seeds at different temperatures. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 51, n. 1, p. 1-7, 2020. Disponível em:
<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/6357/1868>. Acesso em: 06 nov. 2021.

LEITE, M. S. et al. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart.). In: DIAS, N. S. et al. **Coleção Agroecologia e Meio Ambiente no Semiárido**. 1. ed. Mossoró-RN: EdUFERSA, 2016, p. 811-818.

LIANG, W. et al. Plant salt-tolerance mechanism: A review. **Biochemical and iophysical Research Communications**, v. 495, p. 286-291, 2018. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2017.11.043>. Acesso em: 21 maio 2022.

LIMA, J. R. et al. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro: região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018. p. 779-786.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2014.

LUCAS, C. P. et al. Evaluation of cytotoxic and mutagenic activities of *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore. **Journal of Pharmacy**, v. 9, n. 1, p. 62-69, jan. 2019. Disponível em: <http://iosrphr.org/papers/vol9-issue1/Version-1/J0901016269.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2022.

MACHADO, F. H. B. et al. Physiological quality of seed and seedling performance of crambe genotypes under water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, p. 175-179, mar. 2017. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/8Kg7HsLTQHVvbh7qCVNg7QP/?format=pdf&lang=en>.
 Acesso em: 20 dez. 2022.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, mar. 1962. Disponível em:

<https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>. Acesso em: 06 nov. 2021.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015.

MATOS, D. C. P. et al. Germinação e vigor de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson sob condições de estresse salino e hídrico. In: OLIVEIRA, R. J. (org.). **Águas e florestas: desafios para conservação e utilização**. Guarujá: Científica Digital, 2021. p. 277-291.

MOURA, M. R. et al. Efeito do estresse hídrico e do cloreto de sódio na germinação de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 230-235, abr./jun. 2011. Disponível em: <https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/830/736>. Acesso em: 18 fev. 2022.

NEVES, G. et al. Viabilidade e longevidade de sementes de *Tabebuia aurea* Benth. & Hook. submetidas a diferentes métodos de armazenamento. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 737-742, mai./jun. 2014. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18104/13934>. Acesso em: 08 maio 2022.

NOGUEIRA, N. W. et al.. Estresse salino na emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de jurema-branca. **Advances in Forestry Science**, v. 7, n. 3, p. 1081-1087, 2020. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/view/8624>. Acesso em: 06 nov. 2021.

OLIVEIRA, F. S. et al. Seedling of development and tolerance of eggplant cultivars under saline stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 26, p. 2310-2315, jun. 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/306341788_Seedling_of_development_and_tolerance_of_eggplant_cultivars_under_saline_stress. Acesso em: 08 fev. 2022.

OLIVEIRA, G. M. et al. Environmental stress, future climate, and germination of *Myracrodruon urundeuva* seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 32-43, jan./mar. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/RBCBPHKybqHWHKM9JLfpnMK/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 04 dez. 2021.

PEDROTTI, A. et al. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, mai./ago. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/16544/pdf>. Acesso em: 08 fev. 2022.

PEIXOTO, C. P. **Princípios de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Pod, 2020.

PEREIRA, D. D. **Plantas, prosa e poesia do semi-árido**. Campina Grande: EDUFPG, 2005.

PESSOA, L. G. M. et al. Spectral reflectance characteristics of soils in northeastern Brazil as influenced by salinity levels. **Environ Monit Assess**, v. 188, n. 11, p. 616, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-016-5631-6/>. Acesso em: 20 maio 2022.

PINTO, A. V. F. et al. Efeitos de substratos e recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.F. Ex S.Moore. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 22, n. 1, p. 100-109, 2016. Disponível em: <http://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/biociencias/article/view/2171>. Acesso em: 13 fev. 2022.

SÁ, F. V. S. et al. Tolerance of coriander cultivars under saline stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3728-3732, set. 2016. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/7A49C0960814>. Acesso em: 13 fev. 2022.

SÁ-MARTINS, R. et al. Effect of water and salt stress on seeds germination and vigor of different *Eucalyptus* species. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 31, n. 1, p. 12–18, 2019. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/26565756>. Acesso em: 07 nov. 2021.

SALYSBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4.ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992.

SANTOS, B. R. V. et al. Physiological maturity of *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore seeds. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 498-505, out./dez. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/5xBg6dXhmfmgBMLZQsGPJFF/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 08 fev. 2022.

SANTOS, C. A. et al. Germinação de sementes de duas espécies da caatinga sob déficit hídrico e salinidade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 87, p. 219-224, jul./set. 2016. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/1017/512>. Acesso em: 06 nov. 2021.

SANTOS JUNIOR, R. N.; SILVA, A. G. Estresse osmótico na germinação de sementes de *Samanea tubulosa* (Benth.) Barneby & J. W. Grimes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 971-979, out./dez. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/VfYNntKbmhQTf9pLJtVkhYL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 abr. 2022.

SANTOS, P. C.S. et al. Water stress and temperature on germination and vigor of *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 5, p. 349-354, mai. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/hVxrfgKxpcJQP5YjXQPmQkz/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 13 fev. 2022.

SILVA, D. C. et al. Estresse salino e diferentes temperaturas alteram a fisiologia em sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1129-1141, jul./set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509813588>. Acesso em: 24 abr. 2022.

SILVA, R. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: Influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 47, n. 3, p. 491-499, jul./set. 2016. Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/4177/1415>. Acesso em: 30 jan. 2022.

SIQUEIRA-FILHO, J. A. **Guia de campo de árvores da Caatinga**. Petrolina: Editora e Gráfica Franciscana/Universidade do Vale do São Francisco, 2009.

SIVRITEPE, N.; SIVRITEPE, H.O.; ERIS, A. The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under saline conditions. **Scientae Horticulturae**, v. 97, n. 3-4, p. 229-237, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259360787_The_Effects_of_NaCl_Priming_on_Salt_Tolerance_in_Melon_Seedlings_Grown_under_Saline_Conditions. Acesso em: 25 mar. 2022.

SOUSA, E. C. et al. Physiological changes in *Mimosa caesalpinifolia* Benth. seeds from different sources and submitted to abiotic stresses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 6, p. 383-389, jun. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/GBhBbyvDMBpS37NG4Xp3gtB/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 06 nov. 2021.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

VALDOVINOS, T. M. et al. Seed germination of three species of Bignoniaceae trees under water stress. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 52, n. 4, p. 1-9, 2021 Disponível em: <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/7560/2042>. Acesso em: 13 fev. 2022.

VILLELA, F. A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela do potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, nov./dez. 1991. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/21308/1/pab18_novdez_91.pdf. Acesso em: 07 jun. 2021.

WASEL, Y. **Biology of Halophytes**. New York: Academic Press, 1972.